

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2003年 3月24日
Date of Application:

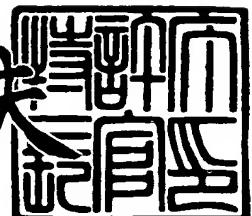
出願番号 特願2003-080844
Application Number:
[ST. 10/C]: [JP2003-080844]

出願人 大同特殊鋼株式会社
Applicant(s):

2004年 4月 6日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願
【提出日】 平成15年 3月24日
【整理番号】 H14-3660
【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿
【国際特許分類】 C22C 19/00
【発明者】
【住所又は居所】 愛知県名古屋市南区大同町ニ丁目30番地 大同特殊鋼
株式会社 技術開発研究所内
【氏名】 高畠 紀孝
【発明者】
【住所又は居所】 愛知県名古屋市南区大同町ニ丁目30番地 大同特殊鋼
株式会社 技術開発研究所内
【氏名】 野田 俊治
【特許出願人】
【識別番号】 000003713
【氏名又は名称】 大同特殊鋼株式会社
【代表者】 ▲高▼山 剛
【代理人】
【識別番号】 100070161
【弁理士】
【氏名又は名称】 須賀 総夫
【電話番号】 03-3534-1980
【手数料の表示】
【予納台帳番号】 008899
【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
【物件名】 明細書 1
【物件名】 要約書 1
【包括委任状番号】 9708849

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 Ni 基超耐熱鋳造合金およびそれを材料とするタービンホイール

【特許請求の範囲】

【請求項1】 重量%で、C:0.02~0.2%、Si:1.0%以下、Mn:1.0%以下、Cr:4.0~10.0%、Al:2.0~8.0%、Co:15.0%以下、W:8.0~16.0%、Ta:2.0~8.0%、Ti:3.0%以下、Zr:0.001~0.2%およびB:0.005~0.3%を含有し、残部がNiおよび不可避的不純物からなる合金組成を有し、ただし、原子%で、[%Al] + [%Ti] + [%Ta] が12.0~15.5%を占め、 γ/γ' 共晶を面積率で1~15%含有し、炭化物の面積率が1~5%であって、次式（%は原子%）で表されるM値が9.3~9.8の範囲にあることを特徴とするNi基超耐熱鋳造合金。

$$M = 0.717[\%Ni] + 1.142[\%Cr] + 2.271[\%Ti] + 1.9[\%Al] + 2.117[\%Nb] + 1.55[\%Mo] + 0.777[\%Co] + 3.02[\%Hf] + 2.224[\%Ta] + 1.655[\%W] + 2.944[\%Zr]$$

【請求項2】 合金がさらに、Mg:0.01%以下、Ca:0.01%以下およびREM:0.1%以下の1種または2種以上を含有する請求項1のNi基超耐熱鋳造合金。

【請求項3】 不純物の含有量を、Fe:5.0%以下、Mo:1.0%以下、Cu:0.3%以下、P:0.03%以下、S:0.03%以下、V:1.0%以下に規制した請求項1または2のNi基超耐熱鋳造合金。

【請求項4】 請求項1ないし3のいずれかのNi基超耐熱鋳造合金で製造した自動車エンジン用タービンホイール。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、Ni基の超耐熱鋳造合金と、それを材料として製造した自動車エン

ジン用のタービンホイールに関する。本発明により、従来のものより高強度のタービンホイールが、大差ない価格で提供される。

【0002】

【従来の技術】

自動車エンジン用のタービンホイールは、高温の排ガスに直接さらされる部品であるため、その耐熱性および高温強度に対する要求はきびしい。従来、一般の乗用車のタービンホイール用材料としては、Ni基の鋳造合金であるINCONEL 713C（以下、「713C」と略記）が用いられてきた。この合金は、長い歴史をもっている（特公昭42-11915）。一方、ラリー車のエンジンのように、とくに過酷な環境下で用いられるものの材料としては、713Cよりも強度が高いMar-M 247（以下、「MM-247」と略記）が用いられてきた。この合金も、以前から知られている（特開昭47-13204）。

【0003】

今後、乗用車のエンジンの高出力化に伴う排ガス温度の一層の上昇が予想されるが、713Cでは高温強度が不十分なため、これ以上の排ガス温度の上昇には対応できない。一方、MM-247は、合金成分として高価なHfが使用されており、それが原料費を押し上げている上に、製造に当たって引け巣が生じないようHIP処理を行なうことが多く、製造コストが高い。

【0004】

この点を改善する試みが続けられ、Hf, Ta, Coなどの高価な合金成分を添加することなく、713C以上のクリープ破断強度を達成したNi基超耐熱合金製のタービンホイールが提案された（特開平11-131162および特開2000-169924）。しかしこれらの材料は、Nbを添加した合金組成であり（前者は0.5～3.5%、後者は6.0～8.0%）、Nbの偏析が生じやすいという、新しい問題を含んでいる。また、Moも添加するので（ともに1.0～5.0%）、耐高温酸化性がよくない。したがって、コストの節約と得られる改善効果とのバランスからみると、低価格なNi基超耐熱合金に関して、十分満足なものが開発されたとはいえない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、自動車エンジン用のタービンホイールを製造するためのNi基の超耐熱鋳造合金であって、排ガスの高温化に対応して、高温でも高い強度を維持し、原料費の面では713Cよりは若干高価になるが、大差はなく、その一方で、耐熱性および高温強度の面では、MM-247に近い材料を提供すること、およびその材料で製造したタービンホイールを提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】

本発明のNi基超耐熱鋳造合金は、重量%で、C:0.02~0.2%、Si:1.0%以下、Mn:1.0%以下、Cr:4.0~10.0%、Al:2.0~8.0%、Co:15.0%以下、W:8.0~16.0%、Ta:2.0~8.0%、Ti:3.0%以下、Zr:0.001~0.2%およびB:0.005~0.3%を含有し、残部がNiおよび不可避的不純物からなる合金組成を有し、ただし、原子%で、[%Al] + [%Ti] + [%Ta] が12.0~15.5%を占め、 γ/γ' 共晶を面積率で1~15%含有し、炭化物の面積率が1~5%であって、次式（%は原子%）で表されるM値が、93~98の範囲にあることを特徴とする。

$$M = 0.717[\%Ni] + 1.142[\%Cr] + 2.271[\%Ti] + 1.9[\%Al] + 2.117[\%Nb] + 1.55[\%Mo] + 0.777[\%Co] + 3.02[\%Hf] + 2.224[\%Ta] + 1.655[\%W] + 2.944[\%Zr]$$

【0007】

【発明の実施形態】

本発明のNi基超耐熱鋳造合金は、上記した基本的な合金成分に加えて、さらに、Mg:0.01%以下、Ca:0.01%以下およびREM:0.1%以下の1種または2種以上を含有することができる。

【0008】

本発明のNi基超耐熱鋳造合金に含有されることのある主要な不純物は、原料に由来するFe、SiおよびMn、そしてPおよびSであり、場合によっては、

CuやMoも混入する。それらの含有量は、Fe：5.0%以下、Mo：1.0%以下、Cu：0.3%以下、P：0.03%以下、S：0.03%以下、Si：1.0%以下、Mn：1.0%以下、V：1.0%以下にそれぞれ規制することが好ましい。

【0009】

以下に、上記の基本的な合金成分が受け持つ作用と、その組成範囲の限定理由とを、[%A1] + [%Ti] + [%Ta] 量の限定理由、 γ/γ' 共晶の面積率の限定理由、炭化物の面積率の限定理由、および特定のM値のもつ意義について説明する。

【0010】

C：0.02～0.2%

Cは、Ti、ZrおよびHfのグループに属する元素、またはNb、TaおよびVのグループに属する元素が存在する場合は、それらと結合して炭化物を形成することにより、粒界の強化に寄与する。C量が0.02%以下では十分な効果が得られず、0.2%を超えると炭化物が過剰に生成し、耐食性や延性の低下を招く。好ましい含有量は0.05～0.2%である。

【0011】

Si：1.0%以下

Siは、主に溶解精練時の脱酸剤として使用する元素であり、脱酸に有効な程度の量が存在することは支障ないが、多量に添加すると延性が悪くなる。そのため、上限値として1.0%を設けた。0.5%以下が好ましい。

【0012】

Mn：1.0%以下

Mnも、Si同様、脱酸剤として添加される成分であり、脱酸に有効な程度の量が存在することは支障ないが、多量に添加すると、やはり強度および延性の低下を引き起こす。1.0%を上限として定めた。

【0013】

Cr：4.0～10.0%

Crは耐食性向上のはたらきをする元素の、主要なものである。母相に固溶す

ることで、強度の向上にも寄与する。添加量が4.0%未満ではこれらの効果が小さく、10.0%を超すと相安定性が低下し、タービンホイールを高温で長時間使用したときに、強度および延性が低下する。好適な範囲は、6～10%である。

【0014】

A1: 2.0～8.0%

A1は γ' 相を形成する重要な成分であり、さらに耐高温腐食性の向上にも役立つ。これらの効果は、A1添加量が2.0%に達しない少量では微弱である。しかし、8.0%を上回る添加は、鋳造時に多量の共晶 γ' 相の晶出を招き、結果としてクリープ強度が低下する。好ましい範囲は、4.5～5.5%である。

【0015】

Co: 15.0%以下

Coは、 γ 相を固溶強化とともに、強度の向上に効果のある γ' 相中にも固溶し、 γ' 相をも強化する作用がある。しかし高価な材料であるため、多量に添加することは、コスト的に不利である。15.0%までの添加量を選ぶことが賢明である。

【0016】

W: 8.0～16.0%

Wは、 γ 相の固溶強化に大きく寄与し、強度の上昇に役立つ。添加量が8.0%未満ではこの効果が小さく、16.0%を超えて添加すると相安定性が低下し、高温での長時間使用により、 α -Crを析出させ、タービンホイールの強度と延性が低下する。好適な添加量範囲は、10.0～14.0%である。

【0017】

Ta: 2.0～8.0%

Taは、Cと結合して炭化物を形成するだけでなく、 γ' 相へ固溶して強度を高める。2.0%未満の添加ではその効果が低い。TaはHfなどとともに高価な材料であるため、コスト面からはなるべく使用量を抑えたい。上限値として、8.0%を設けた。

【0018】

Ti : 3.0%以下

Tiは、Niと結合して強度の向上に有効な γ' 相を形成する成分であり、Alと置換して γ' 相の固溶強化に寄与し、合金の強度をさらに高めるはたらきがある。しかし、3%を超えて添加すると、 η 相(Ni₃Ti)が析出しやすくなつて高温強度および延性にとって不利益を与える。好ましい添加量は、2.0%以下である。

【0019】

Zr : 0.001~0.2%

ZrはCと結合して炭化物を形成するだけでなく、粒界に偏析して粒界を強化に役立つという作用もする。0.001%という少量の添加で効果が認められるが、一方で多量に添加すると延性が低下するため、上限を0.2%とした。0.1%以下に、添加量の最適範囲がある。

【0020】

B : 0.005~0.3%

Bは、 η 相の生成を抑制して高温強度および延性の低下を防止し、さらに高温クリープ強度を高めるのに有効な成分であるから、0.005%以上の適量を添加する。しかし、過剰に添加すると、強度および延性の低下を招く。従って添加の上限を0.3%とした。

【0021】

Mg : 0.01%以下、Ca : 0.01%以下およびREM : 0.1%以下の1種または2種以上

MgおよびCaは、粒界に偏析して粒界を強化する。REMも、同様な作用がある。いずれも多量の添加は強度および延性を低下させるから、得策でない。添加量の上限は、MgとCaは0.01%、REMは0.1%とした。

【0022】

不純物規制 Fe : 5.0%以下、Mo : 1.0%以下、Cu : 0.3%以下、P : 0.03%以下、S : 0.03%以下、V : 1.0%以下

製造コストの低下を意図して安価なスクラップを原料とした場合に、不純物として混入する可能性が最も高い元素は、Feであって、合金の強度、高温および

常温の耐食性のいずれにとっても有害である。許容できる上限は5.0%であるが、3.0%以下が望ましい。Pは粒界に偏析して強度低下の原因となるので、多量の存在は好ましくないが、ある程度の混入は避けがたい。許容限度は、0.03%である。Sも、Pと同様に強度を低下させる元素であり、S量も0.03%以下に止めたい。Moは基地に固溶し、強度の向上に役立つが、多量に存在すると高温酸化耐性を悪くするので、1.0%までの含有量に抑える。Cuもまた強度を低下させる原因となるので、多量の存在は好ましくない。許容限度は1.0%であるが、0.3%以下が望ましい。Vは、高温強度の低下という不利益をもたらすから、許容限度の1.0%以下に止める。

【0023】

[%Al] + [%Ti] + [%Ta] : 12.0 ~ 15.5% (原子%)

この要件は、十分な強度と製造性を確保するために、充足する必要がある。下限の12.0%に満たない場合は十分な強度が得られず、上限の15.5%を超えると、鋳造割れが発生しやすくなるという不都合がある。

【0024】

γ/γ' 共晶の面積率：1 ~ 15%

この範囲の下限値1%は、製造性、とくに鋳造性の確保にとって必要である。共晶の面積率が5%に満たない場合は、鋳造の最終段階で空孔を生じることがあり、製品タービンホイールの信頼性が低くなる。一方、15%を上回ると、共晶の部分が破壊の起点になる可能性が高くなる。

【0025】

炭化物の面積率：1 ~ 5%

適量の炭化物の生成は、粒界を強化し、1000°C以上の高温領域における強度を高くするのに役立つ。この効果は、炭化物の面積率が1%以上あるときに得られる。5%を超えると、かえって失われる。

【0026】

M値：93 ~ 98

前掲の式により定義されるM値は、相安定性の指標であり、93 ~ 98の範囲にあることが、製品タービンホイールの耐久性を保証する。本発明の合金は自動

車用の部材に使用するものであり、したがって、M値は高いほど耐久性を高める上で有利であり、下限値として9.3を選んだ。しかし、M値が9.8を上回ると、長時間使用しているうちに σ 相などの有害な相が析出しやすくなり、耐久性を低下させるようになる。

【0027】

【実施例】

表1（実施例）および表2（比較例）に示す合金組成をもつ耐熱合金を溶製し、それぞれ50kgのインゴットに鋳造した。比較例のうちNo. Aは在来の713C合金であり、比較例のNo. BはMM-247相当品である。これらの合金について、[%Ti] + [%Al] + [%Ta]をはじめとする諸特性を、表3（実施例）および表4（比較例）に記載した。各インゴットから機械加工により試験片を取得し、1000°C × 180 MPaの条件でクリープ試験を行なった。クリープ特性を、表3および表4に併せて示す。

【0028】

実施例No. 8および9の合金について、鋳造後の冷却速度を調節することによって、 γ/γ' 共晶の面積率を、それぞれ3.2%（No. 8, 9）または18.5%（No. 8A, 9A）に変化させた試料をつくり、同じく1000°C × 180 MPaのクリープ試験を行なった。その結果を、表5に示す。対比に便なように、表5には面積率7.1%の場合のデータを再掲した。

【0029】

表1 実施例

Nb	C	Si	Mn	Cr	Co	W	Ta	Al	Ti	Zr	B	Mo ほか
1	0.15	0.06	0.08	8.1	11.6	11.9	4.9	5.2	1.1	0.05	0.015	—
2	0.13	0.11	0.07	4.3	9.1	10.3	5.1	5.0	1.0	0.04	0.015	—
3	0.16	0.08	0.06	5.9	—	13.1	4.5	5.2	1.4	0.05	0.013	—
4	0.11	0.07	0.06	7.4	12.2	8.3	4.7	5.3	1.3	0.04	0.020	—
5	0.13	0.12	0.04	9.0	10.9	14.2	2.2	5.6	1.2	0.05	0.018	—
6	0.12	0.42	0.06	7.9	9.2	11.1	7.6	5.1	0.9	0.04	0.016	—
7	0.14	0.14	0.39	7.3	10.0	13.2	5.1	4.1	2.6	0.05	0.015	—
8	0.12	0.08	0.08	6.2	13.6	11.2	3.2	6.8	0.4	0.03	0.011	—
9	0.11	0.07	0.07	6.3	12.8	10.9	7.9	2.1	2.9	0.04	0.013	—
10	0.05	0.13	0.06	8.2	10.4	12.3	4.6	5.3	0.9	0.03	0.013	—
11	0.18	0.12	0.08	9.2	11.4	13.0	4.5	5.2	1.0	0.05	0.014	—
12	0.14	0.12	0.09	7.3	9.1	13.0	4.8	4.9	1.4	0.01	0.015	—
13	0.13	0.10	0.10	8.2	11.2	9.3	4.6	5.1	0.9	0.18	0.012	—
14	0.12	0.13	0.06	9.3	10.9	12.2	4.7	5.4	1.1	0.04	0.006	—
15	0.04	0.12	0.05	8.2	10.1	12.1	4.7	5.3	1.2	0.05	0.14	—
16	0.10	0.14	0.08	8.2	10.1	11.6	4.3	5.2	0.9	0.04	0.003	Mg0.005
17	0.11	0.11	0.09	8.3	10.6	12.1	4.6	5.3	1.1	0.05	0.002	Ca0.006

【0030】

表2 比較例

No	C	Si	Mn	Cr	Co	W	Ta	Al	Ti	Zr	B	Mo ほか
A	0.15	0.12	0.08	8.3	10.0	10.0	2.9	5.6	1.1	0.05	0.015	Mo 0.7 Hf 1.5
B	0.12	0.12	0.06	12.0	—	—	—	5.9	0.8	0.15	0.015	Mo 4.0 Nb 2.3
C	0.19	0.11	0.08	8.4	9.8	9.8	4.7	5.1	1.2	0.16	0.014	—
D	0.11	0.12	0.06	9.5	14.2	14.2	5.8	5.2	2.9	0.05	0.015	—
E	0.12	0.09	0.08	9.1	9.5	9.5	4.7	5.1	1.0	0.04	0.012	Fe 5.3
F	0.10	0.12	0.09	8.6	10.3	10.3	4.5	5.2	1.1	0.05	0.012	S 0.1

【0031】

表3 実施例

No.	Ti+Al+Ta (原子%)	γ/γ' 共晶 (面積率)	炭化物 (面積率)	M 値	クリープ特性	
					寿命(hr)	伸び(%)
1	12.58	3.9	4.2	94	47	3
2	12.28	2.5	3.8	92	45	4
3	12.45	3.3	4.1	93	48	3
4	12.19	2.0	4.7	94	44	3
5	12.73	4.1	4.3	95	45	4
6	12.89	4.6	4.2	94	44	5
7	12.21	2.7	3.9	94	45	3
8	14.33	12.2	4.0	95	47	4
9	12.16	2.1	4.5	94	42	6
10	12.25	2.4	1.3	93	41	7
11	12.29	2.6	4.2	94	45	4
12	12.30	2.7	3.7	94	43	3
13	12.19	2.5	3.8	93	48	4
14	12.86	9.2	3.6	95	47	4
15	12.76	3.6	1.1	94	43	5
16	12.22	2.7	4.2	94	46	4
17	12.67	3.1	4.4	94	45	4

【0032】

表4 比較例

No.	Ti+Al+Ta (原子%)	γ/γ' 共晶 (面積率)	炭化物 (面積率)	M 値	クリープ特性	
					寿命(hr)	伸び(%)
A	13.61	8.5	4.7	96	46	3
B	13.63	3.2	3.2	96	14	11
C	12.30	7.3	5.7	95	32	2
D	14.52	6.2	3.9	99	36	4
E	12.15	1.9	4.0	96	34	5
F	12.40	2.3	4.2	95	38	4

【0033】

表5

No.	γ/γ' (面積率)	クリープ特性	
		寿命(hr)	伸び(%)
8	12.2	47	4
8A	18.1	36	10
9	2.1	42	6
9A	0.4	多量の鋳造欠陥発生	

【0034】

【発明の効果】

本発明のNi基超耐熱鋳造合金は、高強度化に有効であるが高価なHfを含有しないにも関わらず、そのクリープ強度は、タービンホイール材料として現在最も広く使用されている713Cより改善されていて、Hfを含有するMM-247と、ほぼ同等である。合金組成からいって、原料費は713Cより若干高くなるが、MM-247よりは廉価である。本発明の合金は鋳造性が高いから、HIP処理などの必要なく、タービンホイール製品へのコストも高くならない。本発明により、今後予想される排ガスの高温化に対応できるタービンホイールを、低価格で提供することができる。

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 自動車エンジン用のタービンホイールを製造するためのNi基の超耐熱鋳造合金であって、排ガスの高温化に対応して、高温でも高い強度を維持するタービンホイールを、HIP処理を必要とすることなく鋳造により得ることを可能にすること。在来の材料と比較したとき、原料費の面ではINCONEL 713Cより若干高価になるが、大差はなく、その一方で、耐熱性および高温強度の面では、Mar-M 247に近い性能を実現する。

【解決手段】 重量%で、C:0.02~0.2%、Si:1.0%以下、Mn:1.0%以下、Cr:4.0~10.0%、Al:2.0~8.0%、Co:15.0%以下、W:8.0~16.0%、Ta:2.0~8.0%、Ti:3.0%以下、Zr:0.001~0.2%およびB:0.005~0.3%を含有し、残部がNiおよび不可避的不純物からなる組成の合金。ただし原子%で[%Al] + [%Ti] + [%Ta] が12.0~15.5%を占め、 γ/γ' 共晶を面積率で1~15%含有し、炭化物の面積率が1~5%であって、成分元素の割合により決定されるM値が93~98の範囲にあるもの。

【選択図】 なし

特願 2003-080844

出願人履歴情報

識別番号 [000003713]

1. 変更年月日 1990年 8月27日

[変更理由] 新規登録

住所 愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号
氏名 大同特殊鋼株式会社